

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. November 2003 (06.11.2003)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/092022 A1

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01G 4/12, 4/30

(74) Anwalt: EISENFÜHR, SPEISER & PARTNER; Anna-
Louisa-Karsch-Str. 2, 1078 Berlin (DE)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/04215

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. April 2003 (23.04.2003)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die fol-
genden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)

(30) Angaben zur Priorität:
102 18 799.1 23. April 2002 (23.04.2002) DE

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

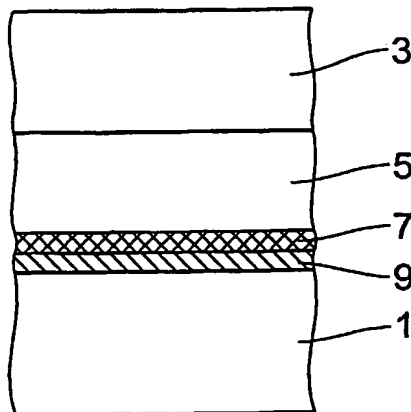
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): IHP GMBH - INNOVATIONS FOR HIGH
PERFORMANCE MICROELECTRONICS / INSTI-
TUT FÜR INNOVATIVE MIKROELEKTRONIK
[DE/DE]; Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜSSIG,
Hans-Joachim [DE/DE]; Friedrich-Kind-Strasse 11,
01259 Dresden (DE).

(54) Title: SEMICONDUCTOR CAPACITOR COMPRISING PRASEODYMIUM OXIDE AS A DIELECTRIC AND AN IN-
TERMEDIATE LAYER AS A DIFFUSION BARRIER FOR OXYGEN

(54) Bezeichnung: HALBLEITERKONDENSATOR MIT PRASEODYMOXID ALS DIELEKTRIKUM UND MIT EINER ZWI-
SCHENSCHICHT ALS DIFFUSIONSBARRIERE FÜR SAUERSTOFF



(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor capacitor comprising a first semiconductor layer which contains silicon and forms a first capacitor electrode (1), a second capacitor electrode (3), and a capacitor dielectric (5) which contains praseodymium oxide and is located between the capacitor electrodes (1, 3). According to the invention, a thin intermediate layer (9) is provided between the capacitor dielectric (5) containing praseodymium oxide and at least the first semiconductor layer (1) containing silicon, said intermediate layer embodying a diffusion barrier for oxygen. The thin intermediate layer (9) can especially comprise oxynitride.

(57) Zusammenfassung: Gemäss der Erfindung wird ein Halbleiterkondensator mit einer ersten Kondensatorelektrode (1) bildenden Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode (3) und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) zwischen den Kondensatorelektroden (1, 3) bereitgestellt, in dem zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht (1) eine dünne Zwischenschicht (9) vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt. Insbesondere kann die dünne Zwischenschicht (9) Oxynitrid umfassen.

WO 03/092022 A1

Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum

Die Erfindung betrifft einen Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum sowie ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf Silizium.

Halbleiterkondensatoren sind aus der modernen Halbleitertechnologie nicht
5 mehr wegzudenken. Wichtige Anwendungsbeispiele für Halbleiterkondensatoren sind dynamische Direktzugriffsspeicher (DRAM), in denen die Halbleiterkondensatoren als Speicherzellen Verwendung finden, und Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs, metal-oxide semiconductor field-effect transistor), in denen das Substrat, die Gateelektrode
10 und das zwischen Substrat und Gateelektrode liegende Gateoxid einen Halbleiterkondensator bilden.

Für einen Halbleiterkondensator gilt wie für alle Kondensatoren, dass die Kapazität des Kondensators proportional zur Dielektrizitätszahl des zwischen den Kondensatorelektroden befindlichen Dielektrikums und der Fläche der Kondensatorelektroden sowie zum Reziprokenwert des Abstandes zwischen den Kondensatorelektroden, also der Dicke des Dielektrikums, ist. Als Dielektrikum wird in der Halbleitertechnik häufig Siliziumoxid (SiO_2) eingesetzt.

Mit der zunehmenden Verringerung der Bausteingröße in der Halbleitertechnik werden auch die Abmessungen der Kondensatorplatten von Halbleiterkondensatoren, beispielsweise der Gateelektroden von MOSFETs, immer kleiner. Damit verringert sich aber auch die Kapazität des Halbleiterkondensators, sofern keine Maßnahmen ergriffen werden, dem entgegenzuwirken.

Zum Kompensieren der Verringerung der Abmessungen der Kondensatorelektroden gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste besteht darin, die Dicke des Dielektrikums zu verringern. Dies führt beispielsweise in MOSFETs, in denen als Dielektrikum typischerweise Siliziumoxid Verwendung findet, bei Gatelängen von weniger als $0,1 \mu\text{m}$ zu Problemen. Das Siliziumoxid für Bauelemente mit derart geringen Gatelängen müsste dann dünner als $1,5 \text{ nm}$ sein. Ein solch dünnes Siliziumoxid führt jedoch zu einer Zunahme des Leckstroms des MOSFETs. Der Leckstrom entsteht aufgrund von Elektronen, die durch das dünne Gateoxid zwischen dem Substrat und der Gateelektrode tunneln. Die Zahl der tunnelnden Elektronen und damit die Stromstärke des Leckstroms wächst exponentiell mit geringer werdender Dicke der Siliziumoxidschicht. Es ist jedoch erwünscht, den Leckstrom eines MOSFETs möglichst gering zu halten, da zum Steuern des Stromes zwischen der Drainelektrode und der Sourceelektrode möglichst wenig elektrische Leistung verbraucht werden soll.

Die zweite Möglichkeit, die Verringerung der Kondensatorelektrodenfläche zu kompensieren, besteht darin, nicht die Dicke des Dielektrikums sondern

dessen Dielektrizitätszahl zu ändern. Wird beispielsweise statt Siliziumoxid Praseodymoxid (Pr_2O_3) als Dielektrikum verwendet, so lässt sich aufgrund der gegenüber Siliziumoxid höheren Dielektrizitätszahl des Praseodymoxids die Kapazität des Kondensators bei ansonsten gleichen Parametern deutlich erhöhen. Siliziumoxid besitzt eine Dielektrizitätszahl von 3,9, wohingegen Praseodymoxid eine Dielektrizitätszahl von 30 besitzt. Dies bedeutet, dass mit Praseodymoxid als Dielektrikum das Gateoxid um den Faktor 30 dividiert durch 3,9 dicker sein kann als ein Dielektrikum aus Siliziumoxid. Mit Praseodymoxid als Gatedielektrikum lässt sich daher der Leckstrom gegenüber Siliziumoxid als Dielektrikum drastisch verringern.

Die Dicke einer Siliziumoxidschicht, die bei konstanter Fläche der Kondensatorelektroden dieselbe Kapazität liefert wie die Praseodymoxidschicht wird im Folgenden als äquivalente Oxidschichtdicke bezeichnet. Mit zunehmender Verringerung der Bausteingröße muss diese äquivalente Oxidschichtdicke kleiner werden, um die Verringerung der Kondensatorelektrodenfläche zu kompensieren. Mittels Praseodymoxid als Dielektrikum lässt sich die tatsächliche Oxidschichtdicke gegenüber der äquivalenten Oxidschichtdicke vergrößern, und somit der tunnelnde Leckstrom verringern.

Praseodymoxid wird typischerweise durch Verdampfen von Pr_6O_{11} auf Silizium deponiert. Dabei bildet sich zwischen dem Silizium und dem Praseodymoxid (Pr_2O_3) ein Mischoxid der Form $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ mit $0 < x < 1$, typischerweise in nicht stöchiometrischer Form. Auf das Abscheiden folgende thermische Prozessschritte führen darüber hinaus zu einer weiteren Ausbreitung des Mischoxids, insbesondere des SiO_2 -Anteils.

Das Mischoxid besitzt eine geringere Dielektrizitätszahl als das reine Praseodymoxid, wodurch die äquivalente Oxidschichtdicke des Dielektrikums gegenüber einem reinen Praseodymoxiddielektrikum vergrößert wird. Das Mischoxid verschlechtert daher die elektrischen

Eigenschaften des Dielektrikums und damit des Halbleiterkondensators, und zwar um so mehr, je dicker das Mischoxid ist.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum derart weiterzubilden,
5 dass er verbesserte elektrische Eigenschaften aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterkondensator nach Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten weitere Ausgestaltungen und Merkmale der vorliegenden Erfindung.

Gemäß Anspruch 1 wird zum Lösen der oben genannten Aufgabe ein
10 Halbleiterkondensator mit einer ersten Kondensatorelektrode bildenden, Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensator-
dielektrikum zwischen den Kondensatorelektroden bereitgestellt, in dem
15 zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht eine erste dünne Zwischenschicht vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt.

Als Schicht soll hierbei nicht nur ein parallel zur Oberfläche eines Halbleitersubstrats verlaufender Materialbereich verstanden werden. Eine
20 Schicht im Sinne der Erfindung kann auch senkrecht oder in beliebigen anderen Winkeln zur Substratoberfläche verlaufen. Insbesondere kann der Halbleiterkondensator als vertikaler oder als lateraler Halbleiterkondensator ausgestaltet sein.

Die erste dünne Zwischenschicht ist eine Diffusionsbarriere, die verhindert,
25 dass in auf das Abscheiden der Praseodymoxid enthaltenden Schicht folgenden thermischen Prozessschritten Sauerstoff die Siliziumoberfläche erreicht und diese oxidiert. Dadurch lässt sich verhindern, dass der SiO_2 -Anteil des $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ -Mischoxids infolge der Reaktion des Siliziums

mit Sauerstoff unkontrolliert wächst und sich die Dielektrizitätszahl des Kondensatordielektrikums verschlechtert. Daneben kann die dünne Zwischenschicht auch als eine Abschirmung des Substratmaterials gegen äußere Einflüsse fungieren.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, umfasst die erste dünne Zwischenschicht Siliziumoxynitrid (kann in verschiedenen stöchiometrischen Verhältnissen vorkommen, z.B. SiON), im Folgenden kurz Oxynitrid genannt, als Material zum Hemmen der Sauerstoffdiffusion. Die dünne Oxynitrid umfassende Zwischenschicht ermöglicht neben dem
- 10 Hemmen der Sauerstoffdiffusion die strukturelle und elektronische Anpassung des Praseodymoxids an die Silizium umfassende Halbleiterschicht und kann daher als eine Anpassungsschicht angesehen werde. Sie verringert die Trap-Dichte, also die Dichte an elektrischen Zustandsniveaus in der Bandlücke des Halbleitermaterials, die freie
- 15 Elektronen einfangen und so unerwünschte Ladungszustände erzeugen können. Außerdem behindert die Oxynitrid umfassende Zwischenschicht das heteroepitaktische Wachstum (epitaktisches Wachstum eines Materials auf einem aus einem anderen Material bestehenden Substrat) von Praseodymoxid auf dem Silizium umfassenden Halbleitermaterial nicht, so
- 20 dass einkristallines Wachstum des Praseodymoxids möglich ist.

- Alternativ oder zusätzlich kann als erste dünne Zwischenschicht auf der Praseodymoxidschicht eine dünne Ti-Schicht aufgebracht werden, die selbst als Gate-Elektrode dient oder aber als Zwischenschicht zwischen dem Gate-Dielektrikum und der Gate-Elektrode. Titan als besonders
- 25 reaktives Übertragungsmetall kann den überflüssigen Sauerstoff in der Praseodymoxidschicht bzw. den möglicherweise von außen in diese Schicht eindringenden Sauerstoff chemisch binden. Eine solche Titan-Schicht kann den Schichtstapel und damit die Grenzfläche gegenüber Sauerstoff schützen, ganz gleich, ob dieser aus der Atmosphäre stammt oder
- 30 während eines technologischen Prozessschrittes einwirkt.

Vorzugsweise beträgt die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht 0,5 nm oder weniger. Je dünner die erste dünne Zwischenschicht ist, desto weniger beeinflusst sie als Teil des Kondensatordielektrikums die elektrischen Eigenschaften des Kondensators. Die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht kann so weit verringert werden, wie es die Herstellungprozesse erlauben, solange ihre Wirkung als diffusionshemmende Schicht nicht darunter leidet.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die zweite Kondensatorelektrode aus einer zweiten Halbleiterschicht gebildet. Zwischen der zweiten Halbleiterschicht und dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum ist außerdem eine zweite dünne Zwischenschicht vorhanden. Mittels der zweiten dünnen Zwischenschicht können unkontrollierte chemische Reaktionen zwischen dem Kondensatordielektrikum und der zweiten Halbleiterschicht vermieden werden.

Insbesondere, wenn die zweite Halbleiterschicht Silizium umfasst, ist es vorteilhaft, wenn die zweite dünne Zwischenschicht Oxynitrid oder Siliziumoxid umfasst, um die Sauerstoffdiffusion oder chemische Reaktionen zu hemmen.. Mit Siliziumoxid als dünner zweiter Zwischenschicht ist es außerdem möglich, beim Aufbringen von polykristallinem Silizium (Polysilizium) als zweiter Halbleiterschicht, z. B. als Gateelektrode eines MOSFETs, das Kondensatordielektrikum in traditioneller Weise, d. h. so wie bei einem Kondensatordielektrikum aus Siliziumoxid, zu kontaktieren. Auch die Dicke der zweiten dünnen Zwischenschicht beträgt wie die der ersten dünnen Zwischenschicht vorzugsweise 0,5 nm oder weniger.

Vorteilhafterweise weist das Oxynitrid der dünnen Zwischenschichten ein Konzentrationsverhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff (O/N-Konzentrationsverhältnis) von 1:1 auf.

Erfindungsgemäße Halbleiterkondensatoren können insbesondere vorteilhaft in Speicherzellen für dynamische Direktzugriffsspeicher (DRAM) oder als Gatekapazität in Feldeffekttransistoren Verwendung finden.

5 Erfindungsgemäß wird auch ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf einem Halbleitermaterial angegeben, in dem zuerst eine sehr dünne Siliziumoxidschicht auf das Halbleitermaterial aufgebracht wird, die anschließend zum Nitrieren in einer Stickstoffatmosphäre (N_2 -Atmosphäre) bei 800°C getempert wird.

10 Daneben wird auch ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf Silizium angegeben, in dem die Siliziumoberfläche bei 800°C einer Stickstoffmonoxidatmosphäre (NO-Atmosphäre) oder einer Lachgasatmosphäre (N_2O -Atmosphäre) ausgesetzt wird.

15 Mit den erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich in vorteilhafter Weise dünne Oxynitridschichten für erfindungsgemäße Halbleiterkondensatoren herstellen. Insbesondere ist mit den erfindungsgemäßen Verfahren das Herstellen von Oxynitridschichten mit so geringen Dicken wie 0,2 nm und einem O/N-Konzentrationsverhältnis von 1:1 möglich.

20 Nachfolgend werden die bisher beschriebenen sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung anhand und von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ausschnittsweise ein erstes Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Halbleiterkondensator.

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise ein zweites Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Halbleiterkondensator.

25 In Fig. 1 ist ausschnittsweise die Schichtfolge eines erfindungsgemäßen Halbleiterkondensators am Beispiel der Gate-Kapazität eines MOSFETs dargestellt.

Die in Fig. 1 ausschnittsweise dargestellte Gate-Kapazität eines MOSFETs umfasst einen von einem Siliziumsubstrat 1 gebildeten Kanalbereich, der die erste Kondensatorelektrode bildet, und eine Polysilizium-Gateelektrode 3, das die zweite Kondensatorelektrode bildet. Zwischen dem
5 Siliziumsubstrat 1 und der Polysilizium-Gateelektrode 3 befindet sich ein Gatedielektrikum 5 aus Praseodymoxid (Pr_2O_3) als Kondensatordielektrikum. An der dem Substrat 1 zugewandten Grenzfläche des Gatedielektrikums 5 ist eine aus dem Herstellungsprozess herrührende Mischoxidschicht der Form $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$, wobei x Werte im Bereich
10 größer null und kleiner eins annehmen kann, vorhanden. Zwischen dem Mischoxid 7 und dem Siliziumsubstrat 1 befindet sich außerdem eine dünne Oxynitridschicht 9, die als Diffusionsbarriere für Sauerstoff dient und verhindert, dass Sauerstoff während Temperschritten, die auf das Abscheiden der Praseodymoxidschicht 5 auf das Siliziumsubstrat 1 folgen,
15 durch das Praseodymoxid 5 hindurch die Siliziumoberfläche des Substrats 1 erreicht und diese oxidiert. Die Oxynitridschicht 9 wird im Herstellungsprozess vor dem Abscheiden der Praseodymoxidschicht 5 geschaffen.

Durch die erfindungsgemäße diffusionshemmende Oxynitridschicht 9 lässt
20 sich die Sauerstoffdiffusion zur Oberfläche des Siliziumsubstrats 1 weitgehend verhindern und so ein unkontrolliertes Wachsen des Mischoxids 7 unterdrücken. Daher lässt sich die Dicke der Mischoxidschicht 7 im Vergleich zum Stand der Technik verringern. Gleichzeitig verringert die dünne Oxynitridschicht 9 die Trappdichte, also
25 die Dichte an elektrischen Zustandsniveaus in der Bandlücke des Halbleitermaterials, die freie Elektronen einfangen und so unerwünschte Ladungszustände erzeugen können.

Statt einer Oxynitridschicht 9 kann auch eine Schicht aus einem anderen Material verwendet werden, solange dieses Material die Diffusion des
30 Sauerstoffs hemmt und vorzugsweise auch das heteroepitaktische Wachstum des Praseodymoxids auf dem Substrat nicht beeinträchtigt.

Eine dünne Oxynitridschicht auf Silizium kann beispielsweise realisiert werden, indem zuerst eine sehr dünne Siliziumoxidschicht auf das Siliziumsubstrat abgeschieden wird und die abgeschiedene Siliziumoxidschicht dann in einer Stickstoffatmosphäre bei 800°C getempert wird. Bei diesem Tempervorgang wird die dünne Siliziumoxidschicht nitriert. Alternativ kann die dünne Oxynitridschicht auf Silizium realisiert werden, indem die Siliziumoberfläche des Substrats bei 800°C einer NO- oder N₂O-Atmosphäre ausgesetzt wird. Mit beiden Verfahren sind Oxynitridschichten mit einer Schichtdicke von 0,2 nm und einem O/N-Konzentrationsverhältnis von 1:1 realisierbar.

Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 dargestellt. Vom ersten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich das zweite Ausführungsbeispiel lediglich dadurch, dass zwischen dem Gatedielektrikum 5 und der Polysilizium-Gateelektrode 3 eine Siliziumoxidschicht 11 als dünne Zwischenschicht angeordnet ist. Vorzugsweise ist diese Siliziumoxidschicht 11 eine dünne SiO₂-Schicht mit einer Dicke von 0,5 nm oder weniger. Insbesondere kann die Dicke auch weniger als 0,3 nm betragen. Die Siliziumoxidschicht 11 dient als Interfaceschicht, die sowohl die traditionelle Kontaktierung, d. h. die Kontaktierung wie bei einem aus Siliziumoxid bestehenden Gatedielektrikum, ermöglicht, als auch chemische Reaktionen zwischen dem Pr₂O₃-Gatedielektrikum und dem Polysilizium der Gateelektrode während auf das Abscheiden der Polysilizium-Gateelektrode 3 folgender thermischer Prozessschritte unterbindet.

Statt einer Siliziumoxidschicht als dünner Zwischenschicht 11 kann zwischen der Polysilizium-Gateelektrode 3 und dem Gatedielektrikum 5 auch eine dünne Oxynitridschicht vorgesehen sein. Auch ihre Dicke beträgt vorzugsweise 0,5 nm oder weniger und insbesondere weniger als 0,3 nm. Die mit der Oxynitridschicht als dünner Zwischenschicht 11 erzielten Wirkungen sind ähnlich, wie diejenigen, die mit der Siliziumoxidschicht erzielbar sind. So kann sowohl Oxynitrid als auch Siliziumoxid nach dem Herstellen der Praseodymoxidschicht als Schutzschicht für das

Praseodymoxid sowie als Kontaktierungshilfe beim Kontaktieren der Gateelektrode dienen.

In den bisher dargestellten Ausführungsbeispielen besteht die Gateelektrode 3 aus Polysilizium. Es ist jedoch auch möglich, die
5 Gateelektrode 3 aus einem anderen Material, beispielsweise amorphem Silizium oder polykristallinem oder amorphem Siliziumgermanium (SiGe), herzustellen. Die Gateelektrode kann zum unterdrücken von Dotierstoffdiffusion Kohlenstoff oder Sauerstoff enthalten. Daneben sind auch Gateelektroden aus anderen üblichen Materialien, beispielsweise
10 metallische Gateelektroden oder aus Metall-Halbleiter-Verbindungen bestehende Gateelektroden, möglich.

Auch ist das Substrat nicht auf ein Siliziumsubstrat beschränkt. Es können beispielsweise auch ein Siliziumgermaniumsubstrat, ein Siliziumgermaniumsubstrat mit Kohlenstoff oder Sauerstoff als Diffusionshemmer
15 oder ein Siliziumsubstrat mit Kohlenstoff oder Sauerstoff als Diffusionshemmer Verwendung finden. Ebenso braucht das Substrat nicht in einer (001)-Kristallorientierung vorzuliegen.

In einer weiteren Ausführungsform (in den Figuren nicht dargestellt) dient der erfindungsgemäße Halbleiterkondensator als Speicherelement für eine
20 Speicherzelle eines dynamischen Direktzugriffsspeichers (DRAM). Zwischen zwei Kondensatorelektroden aus einem Halbleitermaterial, beispielsweise kristallinem, polykristallinem oder amorphem Silizium oder Siliziumgermanium, jeweils mit oder ohne Kohlenstoff oder Sauerstoff, ist eine Praseodymoxidschicht als Dielektrum angeordnet. Zwischen dem
25 Praseodymoxid und dem Halbleitermaterial der Kondensatorelektroden befindet sich eine Siliziumoxidschicht oder eine Oxynitridschicht, mit der unerwünschte Reaktionen zwischen dem Pr_2O_3 -Dielektrum und dem Halbleitermaterial der Kondensatorelektroden vermieden werden können.

Es sind auch Gestaltungen des Speicherelements möglich, in denen nur zwischen einer der Kondensatorelektroden und der Praseodymoxidschicht eine Zwischenschicht vorhanden ist.

Patentansprüche

- 5 1. Halbleiterkondensator mit einer ersten Kondensatorelektrode (1) bildenden, Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode (3) und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) zwischen den Kondensatorelektroden (1, 3),
- dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht (1) eine erste dünne Zwischenschicht (9) vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt.
- 15 2. Halbleiterkondensator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste dünne Zwischenschicht (9) Oxynitrid oder Titan umfasst.
3. Halbleiterkondensator nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht (9) 0,5 nm oder weniger beträgt.
- 20 4. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die zweite Kondensatorelektrode (3) aus einer zweiten Halbleiterschicht gebildet ist und zwischen der zweiten Halbleiterschicht und dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) eine zweite dünne Zwischenschicht (11) vorhanden ist.
- 25 5. Halbleiterkondensator nach Anspruch 4, bei dem die zweite dünne Zwischenschicht (11) Oxynitrid umfasst.

6. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 4, bei dem die zweite dünne Zwischenschicht (11) Siliziumoxid umfasst.
7. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die Dicke der zweiten dünnen Zwischenschicht (11) 0,5 nm oder weniger beträgt.
8. Halbleiterkondensator nach Anspruch 2 oder 5, bei dem das Oxynitrid der ersten oder der zweiten dünnen Zwischenschicht (9, 11) ein Konzentrationsverhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff von 1:1 aufweist.
9. Speicherzelle für einen dynamischen Direktzugriffsspeicher, die einen Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst.
10. Feldeffekttransistor mit einem Substrat (1), einer Gateoxidschicht (5) und einer Gateelektrode (3), der einen Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst, wobei das Substrat (1) die erste Kondensatorelektrode bildet, die Gateelektrode (3) die zweite Kondensatorelektrode bildet und das Gateoxid (5) das Kondensatordielektrikum bildet.

1/1

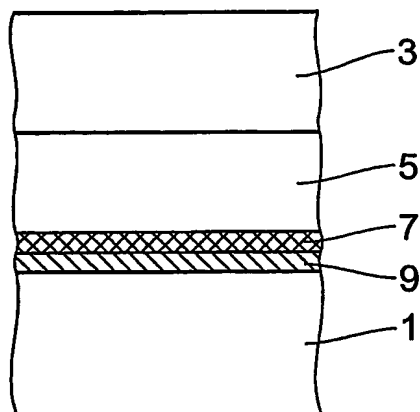


Fig. 1

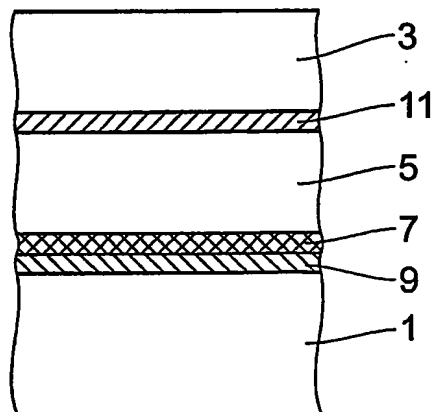


Fig. 2